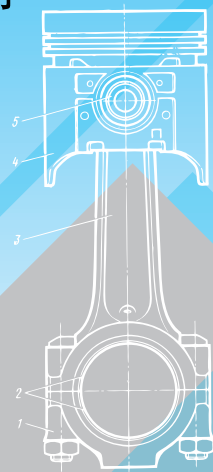


高等职业教育机械系列精品教材

▶ “互联网+” 创新型教材



# 公差配合与测量技术

主 编 苏采兵 王凤娜

副主编 孙立峰 魏可霏 景英锋

主 审 孙秀春



北京邮电大学出版社  
www. buppress. com

## 内 容 简 介

本书以培养适应现代工业发展的应用型技术人才为目标,注重培养学生分析问题、解决问题的能力。全书共十个项目:公差测量技术概述、极限与配合、长度测量、几何公差及检测、表面粗糙度的测量、光滑极限量规的使用、滚动轴承的公差与配合、螺纹公差配合及检测、键的公差配合及检测和圆柱齿轮的公差及检测。重点介绍了各类公差选择、标注、查表与解释,以及几何量的常见检测方法和数据处理。

本书可作为高职高专制造大类相关专业的教学用书,也可作为从事机械设计与制造的工程技术人员的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

公差配合与测量技术/苏采兵,王凤娜主编. —北京:北京邮电大学出版社,2013.4(2023.2重印)  
ISBN 978-7-5635-3456-2

I. ①公… II. ①苏… ②王… III. ①公差—配合—教材 ②技术测量—教材 IV. ①TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 062995 号

策划编辑:马子涵 责任编辑:滕 耘 封面设计:刘文东

出版发行:北京邮电大学出版社

社 址:北京市海淀区西土城路 10 号

邮政编码:100876

发 行 部:电话:010-62282185 传真:010-62283578

E-mail: publish@bupt. edu. cn

经 销:各地新华书店

印 刷:三河市骏杰印刷有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:16.5 插页 1

字 数:414 千字

版 次:2013 年 4 月第 1 版

印 次:2023 年 2 月第 11 次印刷

ISBN 978-7-5635-3456-2

定 价:48.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

服务电话:400-615-1233

# CONTENTS

# 目 录

## 项目一 公差测量技术概述 ..... 1

### 任务一 互换性概述 ..... 1

任务描述 ..... 1

任务分析 ..... 1

知识准备 ..... 2

一、互换性的概念 ..... 2

二、互换性的作用 ..... 2

三、互换性的种类 ..... 3

任务实施 ..... 4

### 任务二 标准化与优先数系 ..... 4

任务描述 ..... 4

任务分析 ..... 5

知识准备 ..... 5

一、标准与标准化的概念 ..... 5

二、标准的分类 ..... 5

三、优先数系 ..... 6

任务实施 ..... 8

### 任务三 几何量检测 ..... 8

任务描述 ..... 8

任务分析 ..... 8

知识准备 ..... 9

一、几何量检测的重要性及测量  
过程 ..... 9

二、计量器具和测量方法 ..... 12

三、测量误差与数据处理 ..... 15

四、测量精度的分类 ..... 22

五、测量列的数据处理 ..... 23

任务实施 ..... 24

思考与练习 ..... 26

## 项目二 极限与配合 ..... 28

### 任务一 孔和轴的极限与配合 ..... 28

任务描述 ..... 28

任务分析 ..... 28

知识准备 ..... 29

一、有关孔和轴的定义 ..... 29

二、有关尺寸的定义 ..... 29

三、有关偏差和公差定义 ..... 30

四、有关配合的定义 ..... 30

任务实施 ..... 33

### 任务二 公差与配合的标准 ..... 33

任务描述 ..... 33

任务分析 ..... 33

知识准备 ..... 33

一、标准公差系列 ..... 34

二、基本偏差系列 ..... 36

三、公差带及配合 ..... 43

四、一般公差 ..... 49

任务实施 ..... 50

### 任务三 公差与配合的选择 ..... 51

任务描述 ..... 51

任务分析 ..... 51

知识准备 ..... 51

一、基准配合制的选择 ..... 51

二、公差等级的选择 ..... 52

三、配合的选择 ..... 54

任务实施 ..... 60

### 任务四 大尺寸、小尺寸公差与配合 ..... 61

任务描述 ..... 61

任务分析 ..... 61

知识准备 .....	62	公差值 .....	96
一、大尺寸公差与配合 .....	62	任务实施 .....	97
二、小尺寸公差与配合 .....	66	<b>任务三 几何公差及几何公差带 .....</b>	<b>97</b>
三、配制公差与配合 .....	67	任务描述 .....	97
任务实施 .....	67	任务分析 .....	98
思考与练习 .....	68	知识准备 .....	98
<b>项目三 长度测量 .....</b>	<b>71</b>	一、几何公差及几何公差带的	
<b>任务一 两孔中心距测量 .....</b>	<b>71</b>	概念 .....	98
任务描述 .....	71	二、形状公差与公差带 .....	98
任务分析 .....	71	三、位置公差与公差带 .....	101
知识准备 .....	72	四、基准 .....	107
一、游标卡尺 .....	72	任务实施 .....	108
二、高度游标卡尺 .....	75	<b>任务四 几何公差原则及要求 .....</b>	<b>108</b>
三、深度游标卡尺 .....	76	任务描述 .....	108
任务实施 .....	79	任务分析 .....	109
<b>任务二 内孔直径测量 .....</b>	<b>79</b>	知识准备 .....	109
任务描述 .....	79	一、有关几何公差原则的术语及	
任务分析 .....	79	定义 .....	109
知识准备 .....	79	二、独立原则 .....	112
任务实施 .....	81	三、相关要求 .....	112
思考与练习 .....	81	任务实施 .....	122
<b>项目四 几何公差及检测 .....</b>	<b>84</b>	<b>任务五 几何公差的选择 .....</b>	<b>123</b>
<b>任务一 几何公差概述 .....</b>	<b>84</b>	任务描述 .....	123
任务描述 .....	84	任务分析 .....	123
任务分析 .....	84	知识准备 .....	123
知识准备 .....	85	一、几何公差值的标准 .....	123
一、几何要素的概念及其分类 .....	85	二、未注几何公差的规定 .....	126
二、几何公差的项目及其符号 .....	86	三、几何公差的选用原则 .....	127
任务实施 .....	87	任务实施 .....	131
<b>任务二 几何公差的标注方法 .....</b>	<b>88</b>	<b>任务六 几何公差的检测 .....</b>	<b>132</b>
任务描述 .....	88	任务描述 .....	132
任务分析 .....	88	任务分析 .....	132
知识准备 .....	88	知识准备 .....	132
一、几何公差框格和基准符号 .....	88	一、最小包容区域 .....	132
二、几何公差的标注方法 .....	89	二、形位误差的评定 .....	133
三、几何公差标注的注意事项 .....	96	三、形位误差的检测原则 .....	135
四、几何公差的公差等级和		任务实施 .....	137
		思考与练习 .....	138

<b>项目五 表面粗糙度的测量</b> .....	141
<b>任务一 表面粗糙度的概述</b> .....	141
任务描述 .....	141
任务分析 .....	142
知识准备 .....	142
一、表面粗糙度的基本概念 .....	142
二、表面粗糙度轮廓的产生	
原因 .....	143
三、表面粗糙度对零件使用性能的影响 .....	143
四、表面粗糙度的表面特征、经济加工方法及应用举例 .....	143
任务实施 .....	144
<b>任务二 表面粗糙度的评定参数</b> .....	144
任务描述 .....	144
任务分析 .....	144
知识准备 .....	144
一、基本术语和定义 .....	144
二、表面粗糙度的主要评定参数 .....	146
任务实施 .....	147
<b>任务三 表面粗糙度参数的选择和标注</b> .....	147
任务描述 .....	147
任务分析 .....	148
知识准备 .....	148
一、表面粗糙度参数值的选用 .....	148
二、表面粗糙度的标注符号及含义 .....	148
三、表面粗糙度要求标注的内容及其标注方法 .....	149
四、表面粗糙度的标注实例 .....	151
任务实施 .....	154
<b>任务四 表面粗糙度的检测</b> .....	154
任务描述 .....	154
任务分析 .....	154
知识准备 .....	154
任务实施 .....	156
思考与练习 .....	157
<b>项目六 光滑极限量规的使用</b> .....	159
<b>任务一 光滑极限量规的功用和种类</b> .....	159
任务描述 .....	159
任务分析 .....	160
知识准备 .....	160
一、光滑极限量规的功用 .....	160
二、光滑极限量规的种类 .....	161
任务实施 .....	161
<b>任务二 工作量规公差带的分布规律</b> .....	162
任务描述 .....	162
任务分析 .....	162
知识准备 .....	162
一、光滑极限量规的设计原理 .....	162
二、工作量规的公差带 .....	163
任务实施 .....	165
<b>任务三 工作量规的设计</b> .....	166
任务描述 .....	166
任务分析 .....	166
知识准备 .....	166
一、工作量规形式的选择 .....	166
二、工作量规极限尺寸的计算 .....	168
三、工作量规的技术要求 .....	168
任务实施 .....	168
思考与练习 .....	169
<b>项目七 滚动轴承的公差与配合</b> .....	171
<b>任务一 滚动轴承概述</b> .....	171
任务描述 .....	171
任务分析 .....	172
知识准备 .....	172
一、滚动轴承的组成及分类 .....	172
二、滚动轴承的公差等级及应用 .....	172
三、滚动轴承内径、外径公差带的特点 .....	173

任务实施 .....	174	任务实施 .....	202
<b>任务二 滚动轴承配合件公差及合理 选用 .....</b>	<b>175</b>	思考与练习 .....	202
任务描述 .....	175	<b>项目九 键的公差配合及检测 .....</b>	<b>204</b>
任务分析 .....	175	<b>任务一 平键的公差与配合 .....</b>	<b>204</b>
知识准备 .....	175	任务描述 .....	204
一、轴颈和外壳孔的公差带 .....	175	任务分析 .....	205
二、滚动轴承的配合选择 .....	176	知识准备 .....	205
三、轴颈和外壳孔的形位公差与 表面粗糙度 .....	183	一、平键联接的几何参数 .....	205
任务实施 .....	184	二、平键联接的极限与配合 .....	205
思考与练习 .....	185	任务实施 .....	207
<b>项目八 螺纹公差配合及检测 .....</b>	<b>187</b>	<b>任务二 矩形花键的公差与配合 .....</b>	<b>208</b>
<b>任务一 普通螺纹基本知识 .....</b>	<b>187</b>	任务描述 .....	208
任务描述 .....	187	任务分析 .....	208
任务分析 .....	187	知识准备 .....	209
知识准备 .....	187	一、矩形花键的尺寸系列 .....	209
一、螺纹的分类 .....	188	二、矩形花键联接的形位参数和 定心方式 .....	210
二、普通螺纹的牙型及基本 参数 .....	188	三、矩形花键联接的极限与 配合 .....	210
三、普通螺纹的标记 .....	192	四、矩形花键联接的形位公差和 表面粗糙度要求 .....	211
任务实施 .....	193	五、矩形花键联接的标注代号 .....	212
<b>任务二 普通螺纹的公差与配合 .....</b>	<b>193</b>	任务实施 .....	213
任务描述 .....	193	<b>任务三 平键和矩形花键的检测 .....</b>	<b>214</b>
任务分析 .....	194	任务描述 .....	214
知识准备 .....	194	任务分析 .....	214
一、螺纹几何参数对互换性的 影响 .....	194	知识准备 .....	214
二、普通螺纹的公差带 .....	195	一、平键轴槽与毂槽的检测 .....	214
三、螺纹公差带的位置和基本 偏差 .....	196	二、矩形花键的检测 .....	215
任务实施 .....	199	任务实施 .....	216
<b>任务三 螺纹的检测 .....</b>	<b>199</b>	思考与练习 .....	216
任务描述 .....	199	<b>项目十 圆柱齿轮的公差及 检测 .....</b>	<b>218</b>
任务分析 .....	199	<b>任务一 齿轮传动的使用要求及加工 误差简述 .....</b>	<b>218</b>
知识准备 .....	199	任务描述 .....	218
一、普通螺纹的综合检测 .....	199	任务分析 .....	218
二、普通螺纹的单项检测 .....	200	知识准备 .....	218

一、齿轮传动的使用要求·····	219	任务分析·····	234
二、齿轮加工误差的来源与 分类·····	220	知识准备·····	234
任务实施·····	222	一、轴线的平行度偏差·····	234
<b>任务二 单个齿轮的评定指标及其     检测·····</b>	<b>222</b>	二、齿轮副的中心距偏差·····	235
任务描述·····	222	三、齿轮副的接触斑点检测·····	236
任务分析·····	222	四、齿轮副侧隙·····	237
知识准备·····	222	任务实施·····	239
一、传动准确性的检测项目·····	223	<b>任务四 渐开线圆柱齿轮精度标准及其     评定方法·····</b>	<b>239</b>
二、传动平稳性的检测项目·····	227	任务描述·····	239
三、载荷分布均匀性的检测 项目·····	230	任务分析·····	239
四、影响侧隙的单个齿轮因素 及其检测项目·····	231	知识准备·····	240
任务实施·····	234	一、齿轮偏差及精度·····	240
<b>任务三 齿轮副的评定指标及其     检测·····</b>	<b>234</b>	二、齿坯精度·····	247
任务描述·····	234	三、齿轮精度的标注代号·····	249
		任务实施·····	250
		思考与练习·····	252
		<b>参考文献·····</b>	<b>255</b>



## 学习目标

- 了解互换性、公差测量在生产中的重要意义；
- 了解机械产品的性价比、精度与互换性的关系；
- 掌握互换性、公差测量相关的新知识和新概念；
- 掌握机械产品的几何量精度设计与技术测量技能。

## 任务一 互换性概述



## 任务描述

如图 1-1 所示为齿轮减速器的结构示意图,它是一种常见的机械传动装置。试对该齿轮减速器如何实现互换性原则进行概括阐述。



## 任务分析

由图 1-1 可知,齿轮减速器的工作原理是由电机或其他原动机(经联轴器等)驱动输入轴 2,输入轴上的小齿轮与大齿轮 11 啮合,大齿轮经键 12 带动输出轴 9 转动,输出轴可降速增矩驱动其他工作机械。

该齿轮减速器由二十多种零部件装配而成,其中标准零部件有轴承、键、销、螺栓、密封圈、垫片等,非标准件有箱座、箱盖、输入轴、输出轴、端盖和套筒等。这些零部件中,轴承是由专业化的轴承厂制造,键、销、螺栓、密封圈、垫片等由专业化的标准件厂生产,非标准件一般由各机器制造厂加工。



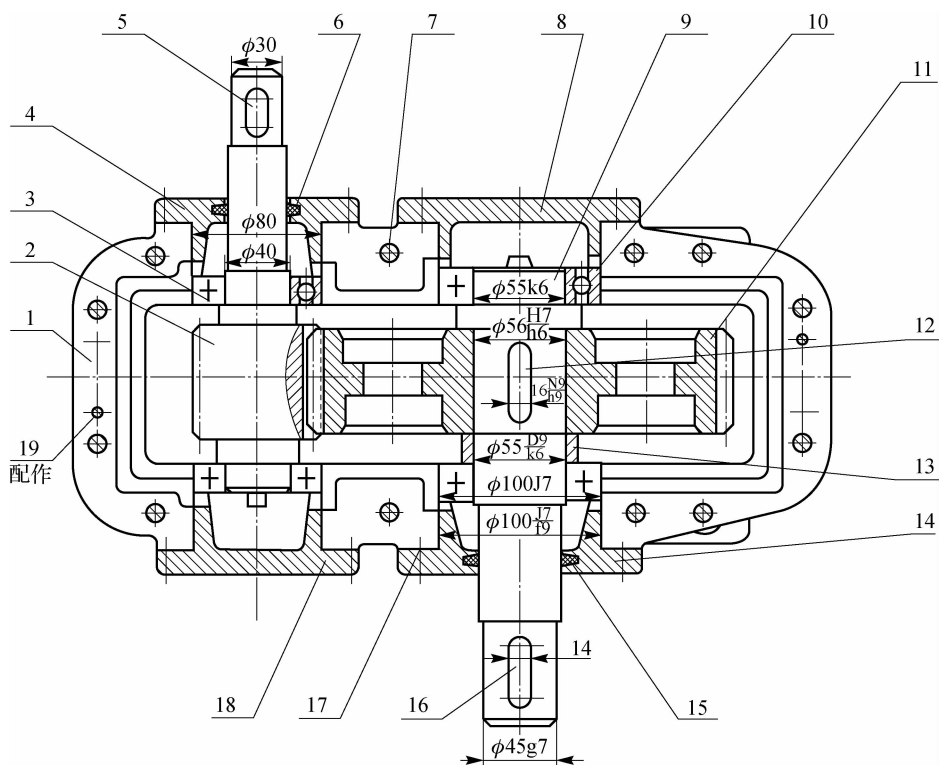


图 1-1 齿轮减速器的结构示意图(从结合面剖分的俯视剖视图)

1—箱体；2—输入轴；3、10—轴承；4、8、14、18—端盖；5、12、16—键；6、15—密封圈；  
7—螺栓；9—输出轴；11—大齿轮；13—套筒；17—垫片；19—定位销

最后要求将各个合格零部件在装配车间或装配生产线上,不需选择、修配即可装配成满足预定使用功能的减速器。当减速器使用一定周期后会出现零部件(如轴承、密封圈、齿轮等)损坏现象,要求迅速更换修复且满足使用功能,即遵循互换性原则。



## 知识准备

### 一、互换性的概念



知识  
互换性简史

互换性是社会发展的结果,人们的各种交流交往中就存在着互换,包括货币交换、等价物品交换,尤其是社会化大生产的协助中相同功能产品的替代等,即一切事物之间的相互替换属性都属于广义的互换性范畴。毫不夸张地讲,如果没有互换性,就没有科技、经济地交流发展,人类社会就会停止在原始落后的水平上。

在机械制造业中,所谓互换性主要是指产品零部件的相互可替换性,可理解为同一规格的零部件不需要做任何挑选和附加加工就可以相互替换,并能满足使用要求的属性。

### 二、互换性的作用

#### 1. 便于产品生产过程的组织

机器产品的零部件只有实现互换性,才能符合现代化大工业生产的发展条件。按照互

换性原则组织生产加工零件,便于实现专业化协调生产和计算机辅助制造(CAM),以提高产品质量、生产效率,降低生产成本。例如,在电视机和汽车及其他产业中,总装厂仅生产部分零部件,而成千上万的其他零部件可能分散在几个省的几十家企业进行高效率地、分散地专业化生产,然后集中起来进行装配。

由于电视机或汽车要在生产线上装配,因而要求各个企业在制造零部件时必须符合统一的技术标准。各企业和民营企业的设备条件不同,工人的技术水平也不尽相同,但要求加工出来的零件都可以不经选择、修配或调整就能装配成合格的产品。因为零件具有互换性,极易在自动化装配线上将各企业的合格零件装配成部件,再由部件迅速总装成符合国家标准的电视机或汽车,可极大地提高装配效率和装配质量,缩短装配时间,实现年产量几十万甚至几百万台的目标。这种现代化大工业生产的产品,其质量又高又稳定,且价格低廉。

## 2. 便于产品的使用与维修

机器产品中,具有互换性的零部件失效或损坏后随时可用备件更换,能够缩短维修时间和节约费用,保证修理质量,延长产品的使用寿命,从而提高机器的使用价值。例如,相同参数规格的螺母(或轴承等标准件)无论出自哪个企业,只要产品合格都可以直接装配,且满足性能。大批量生产的商品,如自行车、电视机、汽车的零件损坏,都可以更换同样规格的新零件,并达到原来的功能。这样方便快捷的维修,都是因为日常用品、家用电器、交通工具的零配件具有互换性。互换性的生产和维修给整个社会带来了极大的方便,使生产者和消费者都得到了实惠,同时也推动了社会的发展。

## 3. 便于产品的设计

利用零部件具有互换性的优点,可以最大限度地采用标准件、通用件,简化绘图、计算等工作,缩短设计周期,加速产品的更新换代,便于计算机辅助设计(CAD)。

总之,在机械制造中遵循互换性原则,不仅能极大地提高生产效率,而且能保证产品质量和降低生产成本。所以,互换性已经成为现代化机械制造业普遍遵守的一条原则。

# 三、互换性的种类

按机械产品的互换属性而言,互换性可分为功能互换和几何参数互换两种。功能互换包括零部件的几何参数、物理性能、化学性能及力学性能等方面的互换,几何参数互换仅指零部件的尺寸、形状、位置及表面结构参数的互换。本课程只研究几何参数互换。

按互换程度范围分,互换性还可分为完全互换和不完全互换两种。整批零部件在装配时不需分组、挑选、调整和修配,装配后即能满足预定的要求,称为完全互换;仅同一组内零件有互换性,组与组之间不能互换,属不完全互换。装配时需要调整的零部件也属于不完全互换。

当装配精度要求较高时,采用完全互换将使零件制造精度要求太高,造成加工困难,甚至成本剧增,因此可适当降低零件的制造精度,使之便于加工,再对加工后的零件进行精密测量,按测得尺寸大小将对应零件从大到小分为若干组,组号相同的零件相装配,这种降低加工难度、保证装配精度的装配互换称为分组装配法。

一般来讲,产品功能要求与零件制造水平、经济效益相适应时,可采用完全互换,反之采用不完全互换。不完全互换常用在制造厂内部对部件或机构的装配采用,而厂外协作大都

要求完全互换。

凡装配时需要附加修配的零件都不具有互换性。

### 任务实施

齿轮减速器产量为批量生产,首先要保证使用性能和互换性,同时要满足生产率和成本要求。

对本课程来说,如果暂不考虑材料性能等其他因素,只考虑零部件的几何量因素,科学地确定公差和配合是产品实现互换性高性价比的前提。

实际应用中,保证产品的使用性能和互换性要求,往往只是对产品零部件的某些关键几何量的精度设计。确切地说,零部件上只是相互结合的表面和工作表面起主要作用,决定着产品的使用性和互换性以及制造成本,甚至决定着产品的生命力。从工艺观点看,公差首先对应制造难易,配合还直接对应装配难易。

按照这一观点,决定齿轮减速器零部件几何量精度设计的主要内容是:各零部件之间配合部位(圆柱径向)的配合及其他技术要求、输入轴和输出轴上各零件的轴向尺寸及其公差。由齿轮减速器的装配图可知:各零件之间多处反映了轴与孔的结合关系,而且轴与孔的结合在各种机械中应用得最广。简而言之,影响互换性的几何量精度设计的最主要内容是一些轴和孔的公差与配合。

公差用于协调机器零件使用要求与制造经济性之间的矛盾,而配合则是反映零件组合时相互之间的关系。因此,公差与配合决定了机器零部件相互配合的条件和状况,它直接影响产品的精度、性能和使用寿命,是评定产品质量的重要技术指标之一。

综上所述,图 1-1 所示齿轮减速器中,只有科学合理地设计、确定各处配合及工作要求的部位和表面精度,才能实现互换性原则。图 1-1 所示齿轮减速器中部分孔和轴配合的公差配合设计(分析过程与设计原理见以后项目阐述)为:输出轴端尺寸与公差为  $\phi 45g7$ ,箱体孔与通孔端盖的配合为  $\phi 100J7/f9$ ,箱体孔与轴承外环的配合为  $\phi 100J7$ (只标注出孔的代号),大齿轮与轴颈的配合为  $\phi 56H7/h6$  等。

## 任务二 标准化与优先数系

### 任务描述

如前所述,社会化生产机械产品要共同遵循互换性原则,而每种产品中都有若干几何参数和因素影响其互换性。图 1-1 所示的齿轮减速器是由标准件和非标准件组合而成的,其中的二十多种零部件中就有几十处尺寸及公差影响互换性,如果是汽车等复杂机器,就会有更多种类零部件的尺寸及公差影响其互换性,由此可见,实现产品几何量互换性是一项要求高度统一的非常繁重的工作。这就要求互换性产品的技术参数必须规范和简化,具有权威的标准和标准化,必须科学、统一,不可以杂乱和冗余,这个问题是由本任务提出和研讨的优先数和优先数系来解决的。



## 任务分析

标准和标准化工作是一项庞大的系统工程,又是制订、应用规范技术参数,以保证产品、刀具、量具和夹具等规格品种有限、有规律,进而保证生产组织、协调配套及使用维护。优先数和优先数系就是对各种技术参数的数值进行协调、简化和统一的一种科学的数值标准。



## 知识准备

### 一、标准与标准化的概念

#### 1. 标准的概念

标准是人们对需要协调统一的具有重复性特征的事物(如产品、零部件等)和概念(如定义术语、规则方法、代号符号、量值单位等)做出的科学统一的权威规定。它以生产实践、科学试验和可靠经验等综合成果为基础,由有关方面协调制定,并经一定程序获得批准,是生产、建设及商品流通等要共同遵守的一种技术依据和行为准则。标准的范围极广,种类繁多,涉及人类生活的各个方面。

#### 2. 标准化的概念

标准化是指制定、修订、颁布、贯彻标准的全过程。标准化使分散的、局部的生产环节相互协调和统一,它是组织现代化生产的重要手段和有力武器,是国家现代化水平的重要标志之一。

### 二、标准的分类

标准按性质不同可分为技术标准和管理标准两类,如图 1-2 所示。人们通常所说的标准大都指技术标准。

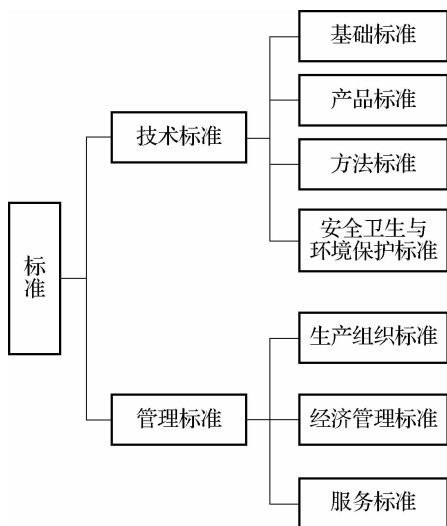


图 1-2 标准分类

技术标准可分为基础标准、产品标准、方法标准、安全卫生与环境保护标准等。本课程所研究的公差标准属于基础标准。基础标准是指在一定范围内作为其他标准的基础,被普遍使用并具有广泛指导意义的标准,如计量单位、优先数系、机械制图、极限与配合、形状和位置公差及表面粗糙度等标准。

我国标准分为四个级别:国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。全国统一制定的标准为国家标准,在全国同一行业内制定的标准为行业标准,在省、自治区、直辖市范围内制定的标准为地方标准,在企业内部制定的标准为企业标准。后三个级别的标准不得与国家标准相抵触,其优先顺序依次为国家标准,行业标准,地方标准,企业标准。

我国的国家标准和行业标准又分为强制性标准和推荐性标准两大类。一些关系到人身安全、健康、卫生及环境保护等标准属于强制性标准,国家用法律、行政和经济等手段强制执行;大量的标准(80%以上)为推荐性标准,要求积极遵守。

从世界范围看,标准有国际标准和国际区域性标准两级。国际标准是指由国际标准化组织(ISO)和国际电工委员会(IEC)制定发布的标准。国际区域性标准是指由国际地区(或国家集团)性组织,如欧洲标准化委员会(CEN)和欧洲电工标准化委员会(CENELEC)等制定并发布的标准。



### 三、优先数系

在产品设计中,为了满足不同要求,同一品种的某一参数需要从大到小取不同的值(形成不同规格的产品系列);每种机械产品也都有自己的一系列技术参数,这些参数大都不是孤立的,往往还与其他相关产品有关。例如,确定螺栓的尺寸就影响到螺母尺寸、丝锥板牙尺寸、螺栓孔尺寸及加工螺栓孔的钻头尺寸等。

在确定机械产品的技术参数时,应尽可能地选用 GB/T 321—2005《优先数和优先数系》中的数值。

优先数系是一种无量纲的分级数值,它是十进制等比数列,适用于各种量值的分级,数系中的每一个数都为优先数。

工程上各种技术参数的简化、协调和统一是标准化的一项重要内容。优先数系由一些十进制等比数列构成,其代号为  $R_r$ ,  $R$  是优先数系创始人法国人雷诺(Renard)姓氏的第一个字母, $r$  代表 5、10、20、40、80 等项数。等比数列的公比为  $q_r = \sqrt[r]{10}$ ,其含义是在同一个等比数列中,每隔  $r$  项的后项与前项的比值增大 10 倍。GB/T 321—2005 规定了 5 个等比数列,它们的公比分别为  $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$ 、 $\sqrt[80]{10}$ , 分别用系列符号 R5、R10、R20、R40、R80 表示,其中前 4 个为基本系列,R80 为补充系列,后者仅用于分级很细的特殊场合。

按公比计算得到的优先数的理论值,除 10 的整数次幂外,都是无理数,工程技术上不便于直接应用,实际应用的都是经过圆整后的近似值。按圆整的精确程度,这些数值分为以下两类。

- (1) 计算值。计算值取 5 位有效数字,供精确计算用。
- (2) 常用值。常用值取 3 位有效数字,即经常使用的、通常所称的优先数。

1~10 范围内基本系列的常用值和计算值见表 1-1。如将表中所列优先数乘以 10,100...或乘以 0.1,0.01...即可得到大于 10 或小于 1 的优先数。

资料  
优先数系的  
优点

表 1-1 优先数基本系列(摘自 GB/T 321—2005)

基本系列(常用值)				计算值	
R5	R10	R20	R40		
1.00	1.00	1.00	1.00	1.000 0	
		1.25	1.12	1.06	1.059 3
			1.25	1.12	1.122 0
			1.40	1.18	1.188 5
			1.25	1.258 9	
			1.32	1.32	1.333 5
			1.40	1.40	1.412 5
			1.50	1.50	1.496 2
1.60	1.60	1.60	1.60	1.584 9	
		2.00	1.80	1.70	1.678 8
			2.00	1.80	1.778 3
			2.24	1.90	1.883 6
			2.00	1.995 3	
			2.12	2.12	2.113 5
			2.24	2.24	2.238 7
			2.36	2.36	2.371 4
2.50	2.50	2.50	2.50	2.511 9	
		3.15	2.80	2.65	2.660 7
			3.15	2.80	2.818 4
			3.55	3.00	2.985 4
			3.15	3.162 3	
			3.35	3.35	3.349 7
			3.55	3.55	3.548 1
			3.75	3.75	3.758 4
4.00	4.00	4.00	4.00	3.981 1	
		5.00	4.50	4.25	4.217 0
			5.00	4.50	4.466 8
			5.60	4.75	4.731 5
			5.00	5.011 9	
			5.30	5.30	5.308 8
			5.60	5.60	5.623 4
			6.00	6.00	5.956 6
6.30	6.30	6.30	6.30	6.309 6	
		8.00	7.10	6.70	6.683 4
			8.00	7.10	7.079 5
			9.00	7.50	7.498 9
			8.00	7.943 3	
			8.50	8.50	8.414 0
			9.00	9.00	8.912 6
			9.50	9.50	9.440 5
10.00	10.00	10.00	10.00	10.000 0	

为了满足生产需要,标准还允许从基本系列和补充系列中隔项取值组成派生系列。例如在 R10 系列中,每三项取一值得到 R10/3 系列,即 1.00,2.00,4.00,8.00……它也是倍数系列。

国家标准规定的优先数系分档合理、疏密均匀、简单易记,且便于使用。常见的量值,如长度、直径、转速及功率等分级,基本上都是按优先数系进行的。

本课程所涉及的有关标准中,如尺寸分段、公差分级及表面粗糙度的参数系列等,均采用优先数系。

### 任务实施

如前所述,标准是按级和分类的,一个国家的国标是最权威也是基础的,行业、地方和企业标准,不得与国家标准抵触。我国从 1959 年至今已经多次颁布和修订国家标准。如第一个国家标准《公差与配合》(GB 159~174—1959),以后的《公差与配合》(GB 1800~1804—1979),《形状与位置公差》(GB 1182~1184—1980),《表面粗糙度》(GB 1031—1983)。另一次修订是在 20 世纪 90 年代中期,修订的标准有《极限与配合》(GB/T 1800.1—1997,GB/T 1800.4—1999 等)、《形状和位置公差》(GB/T 1182—1996 等)、《表面粗糙度》(GB/T 1031—1995 等)等多项国家标准。

在标准化工作中,几乎所有参数都是按优先数系确定的,如图 1-1 所示减速器案例中二十几种标准与非标准零部件,几十处影响互换性的尺寸及公差都必须按标准的优先数系确定。

本任务和课程后续内容中涉及的尺寸分段、公差分级和表面粗糙度参数系列等也是按优先数系制定的。优先数系在工程技术领域被广泛应用,已成为国际上统一的数值制。如标准公差系列数值的确定方法,就是按优先数系确定的典型案例。又如在尺寸公差中的基本尺寸分段、公差等级系数、标准公差因子、标准公差数值计算等,这些将在后续内容中全面具体地应用优先数系。

## 任务三 几何量检测

### 任务描述

在标准温度下,对如图 1-1 所示的减速器中  $\phi 56h6(^0_{-0.019})$  输出轴上某处直径尺寸进行多次测量(在此取 15 次等精度测量)。测量数据依次为 55.995、55.996、55.993、55.996、55.995、55.996、55.992、55.983、55.993、55.996、55.995、55.994、55.992、55.992、55.993。所用测量仪器有  $+0.3 \mu\text{m}$  的零位误差。试对测得数据进行处理,从而得出测量该处直径尺寸的测量结果。

### 任务分析

零件的几何量(尺寸、形位误差及表面粗糙度等)只有经过检测才能知道其结果,判断其是否符合设计要求。

要完成此任务,学生需了解几何检测的重要性及发展历程,掌握计量器具和测量方法的分类,测量误差与数据处理。



## 知识准备

所谓几何量检测,就是对物体几何量的检定与测试,即使用计量器具对零件的几何参量进行鉴定、测试,并按规定的验收标准判断零件几何参量是否合格,兼有检定和测试两种特性的一个综合鉴别过程,是研究几何量检定与测试,保证量值统一及获得必要准确度方法的一门科学。

### 一、几何量检测的重要性及测量过程

没有检测就无法监测和控制产品质量,许多尖端科学技术的突破都是依靠检测技术才得以实现的。几何量检测在计量工作中所占的比重最大,涉及面很广,无论是科学研究、工农业生产、国防建设还是进出口贸易都离不开几何量检测。在现代工业生产中,为了提高劳动生产率、保证产品质量,零件是按照互换性原则组织生产的,因此必须对产品零件进行准确的测量。只有对零件进行严格检测,才能保证产品质量,尤其在产品加工生产中通过测量还可减少废品,提高经济效益。在产品加工过程中测出加工误差并进行分析,查明加工误差的来源就可以采取相应的措施,提高产品质量,降低生产成本。

在计量工作中,量具、量仪的检定工作对量值的统一起着重要作用,而量值的统一是整合检测工作的生命线。如果量值的统一不能保证,则正确的几何量检测将无法进行,各种有关的产品质量就无法保证,有关科研工作也将得不到正确的结果。

对物体几何量的检定与测试,就是将测量量与标准量比较,掌握、控制零件几何参数并判断其是否合格的依据和手段。测量必须根据被测对象精度确定测量单位和测量方法。

测量过程包含四个要素:被测对象、计量单位、测量方法和测量精度,其中最重要的是测量方法(包括测量原理、计量器具和测量条件)。要懂得测值并非真值,会分析测量误差及来源,把握测量结果的处理方法,以提高、保证测量精度。

#### 1. 被测对象

本课程研究的被测对象是几何量,即长度、角度、形状、相对位置、表面结构以及螺纹、齿轮等零件的几何参数等。

#### 2. 计量单位

计量单位采用我国的法定计量单位。长度的计量单位为米(m),角度单位为弧度(rad)和度( $^{\circ}$ )、分( $'$ )、秒( $''$ )。

在机械制造中,常用的长度计量单位是毫米(mm), $1\text{ mm}=10^{-3}\text{ m}$ ;在精密测量中,常用的长度计量单位是微米( $\mu\text{m}$ ), $1\ \mu\text{m}=10^{-6}\text{ m}$ ;在超精密测量中,常用的长度计量单位是纳米(nm), $1\text{ nm}=10^{-9}\text{ m}$ 。常用的角度计量单位是弧度(rad)、微弧度( $\mu\text{rad}$ )和度( $^{\circ}$ )、分( $'$ )、秒( $''$ )。 $1\ \mu\text{rad}=10^{-6}\text{ rad}$ , $1^{\circ}=0.017\ 453\ 3\text{ rad}$ , $1^{\circ}=60'$ , $1'=60''$ 。

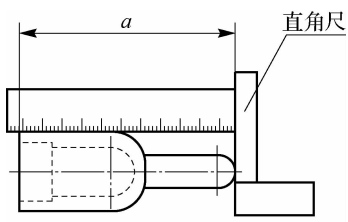
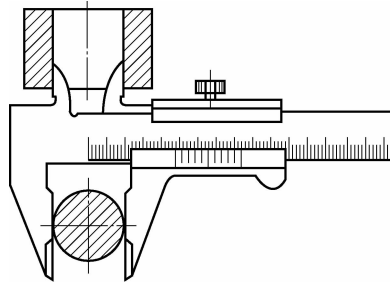
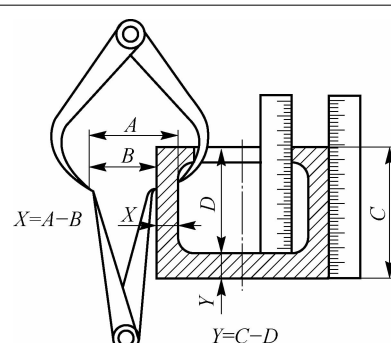
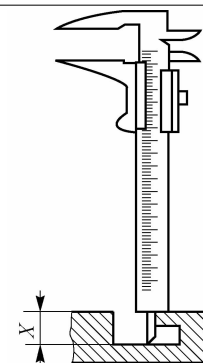
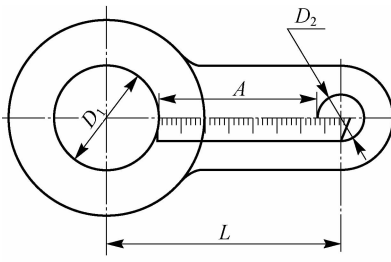
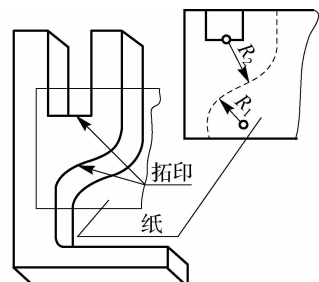
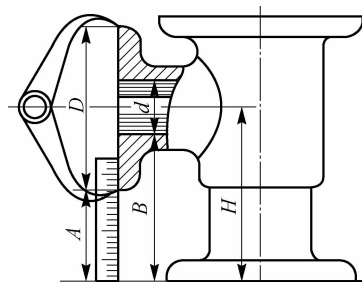
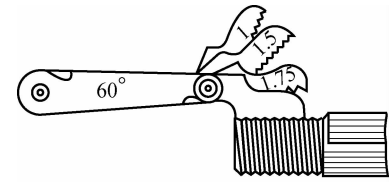
#### 3. 测量方法

测量方法是测量时所采用的测量原理、计量器具和测量条件的总和。

机械产品及零件的种类数不胜数,但其几何量检测的种类却是有限的,一些常用的零件尺寸测量方法见表 1-2。



表 1-2 常用的零件尺寸测量方法

对象	测量方法	对象	测量方法
测量 线性尺寸	 <p>线性尺寸可用钢尺、直角尺测量</p>	测量 直径	 <p>用游标卡尺测量直径</p>
测量 壁厚	 <p><math>X=A-B</math> <math>Y=C-D</math></p> <p>壁厚可用钢尺或卡钳测量</p>	测量 深度	 <p>用深度游标卡尺测量孔深X</p>
测量孔的 中心距	 <p><math>L=A+\frac{D_1}{2}+\frac{D_2}{2}</math></p> <p>孔的中心距可用钢尺、内卡钳测量</p>	测量 曲面尺寸	 <p>把曲面轮廓拓印在纸上,找出其半径,如<math>R_1</math>、<math>R_2</math></p>
测量孔的 中心高	 <p><math>H=A+\frac{D}{2}=B+\frac{d}{2}</math></p> <p>中心高可用钢尺结合外卡钳测量</p>	测量 螺纹	 <p>用螺纹规测量螺距,用卡尺测量螺 纹大径,再查表核对螺纹标准</p>

如图 1-3 所示为曲轴零件简图,可用打表法检测线对线平行度误差,具体如图 1-4 所示。其操作方法为:将曲轴两端主轴颈分别支承在平台上的两等高 V 形铁上模拟基准轴线 A—B,用两个百分表测头分别指在连杆轴颈的上下素线上,沿轴线方向移动,两个表的读数之差为单个轴向截面的平行度误差。旋转曲轴,重复检测若干个轴向截面,取最大误差为零件的平行度误差。误差在公差范围内为合格,超出公差范围为不合格。

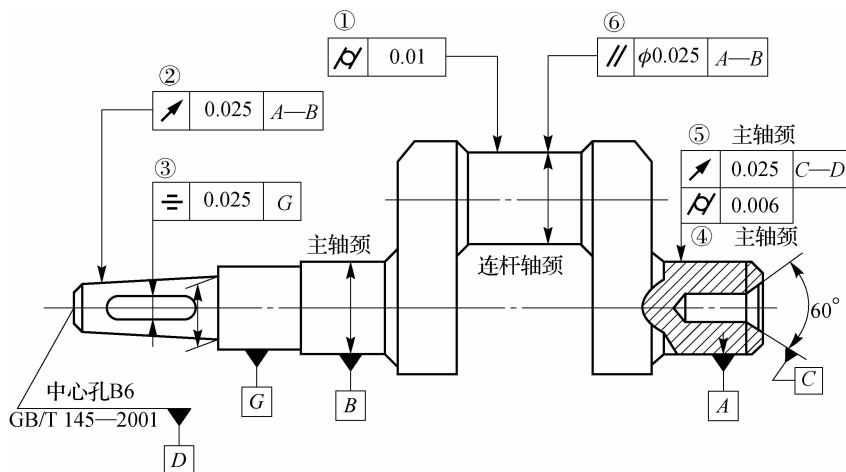


图 1-3 曲轴零件简图

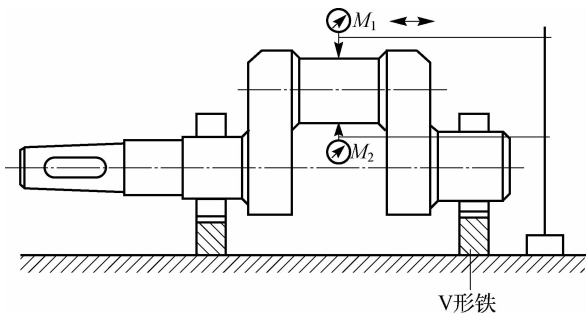


图 1-4 用打表法检测线对线平行度误差

对曲轴零件主轴颈与连杆颈偏心距  $e$  的检测,如图 1-5 所示。具体操作方法为:将曲轴两端主轴颈分别支承在平台上的两等高 V 形铁上;旋转曲轴,使连杆颈至最高点(用双柱摇表高度尺找最高点)位置固定;用双柱摇表高度尺测出  $H$  与  $h$ ;再用外径千分尺分别测出  $d$  和  $d_1$ ,按  $e=H-d_1/2-h+d/2$  计算偏心距。

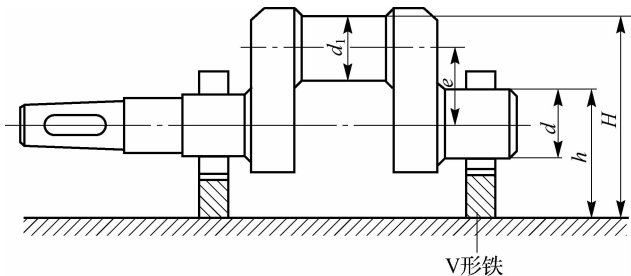


图 1-5 偏心距的检测

对齿轮等圆盘类零件用芯轴定位检测端面圆跳动,如图 1-6 所示。具体操作方法为:借助与基准内孔相配的芯轴,安装在偏摆检测仪或机床两顶尖上,用百分表测量齿轮端面圆跳动误差。

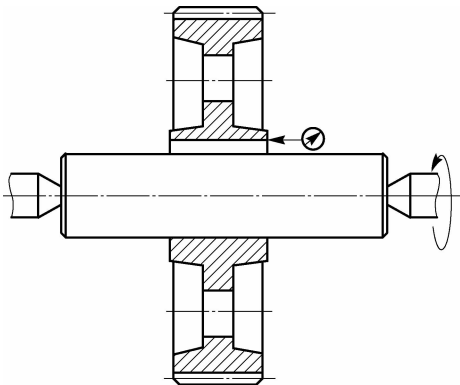


图 1-6 用芯轴定位检测端面圆跳动

#### 4. 测量精度

测量精度是指测量结果与被测量真值的一致程度。

测量是互换性生产过程的重要组成部分,其基本要求是:在测量过程中保证计量单位的统一和量值的准确;将测量误差控制在允许范围内,以保证测量结果的精度;正确、经济、合理地选择计量器具和测量方法,以保证一定的测量条件。

## 二、计量器具和测量方法

### 1. 计量器具的分类

按测量原理、结构特点和用途,计量(亦称测量)器具可分为以下几类。

#### 1) 基准量具

基准量具是用来调整和校对一些计量器具或作为标准尺寸进行比较测量的器具,它又分为以下两类。

(1) 定值基准量具,如量块、角度块等。

(2) 变值基准量具,如线纹尺等。

#### 2) 极限量规

极限量规是一种没有刻度的用于检验零件的尺寸和形位误差的专用计量器具,如光滑极限量规和螺纹量规等。极限量规只能用来判断被测几何量是否合格,而不能得到被测几何量的具体数值。

#### 3) 检验夹具

检验夹具也是一种专用计量器具,它与有关计量器具配合使用,可以方便、快速地测得零件的多个几何参数。如检验滚动轴承的专用检验夹具可同时测得内、外圈尺寸和径向与端面圆跳动误差等。

#### 4) 通用计量器具

通用计量器具是指能将被测几何量的量值转换成可直接观测的指示值或等效信息的器

具。按工作原理不同,通用计量器具又可分为以下几种。

(1)游标量具,如游标卡尺、深度游标卡尺和游标量角器等。

(2)微动螺旋量具,如外径千分尺和内径千分尺等。

(3)机械比较仪,即用机械传动方法实现信息转换的量仪,如齿轮杠杆比较仪和扭簧比较仪等。

(4)光学量仪,即用光学方法实现信息转换的量仪,如光学比较仪、工具显微镜、投影仪和光波干涉仪等。

(5)电动量仪,即将原始信息转换成电路参数的量仪,如电动轮廓仪、电感测微仪和电容测微仪等。

(6)气动量仪,即通过气动系统的流量或压力变化来实现原始信息转换的量仪,如游标式气动量仪、薄膜式气动量仪和波纹管式气动量仪等。

#### 5)微机化量仪

微机化量仪是指在微机系统控制下,可实现数据的自动采集、自动处理、自动显示和打印测量结果的机电一体化量仪,如计算机圆度仪、计算机形位误差测量仪和计算机表面粗糙度测量仪等。

## 2. 计量器具的技术性能指标

### 1) 刻度间距

刻度间距是指刻度尺或刻度盘上相邻两刻线中心线间的距离。为便于目力估读一个分度值的小数部分,一般将刻度间距取为1~2.5 mm。

### 2) 分度值

分度值又称为刻度值,它是指刻度尺或刻度盘上每一刻度间距所代表的量值。几

### 3) 示值范围

示值范围是指由计量器具所显示或指示的最低值到最高值的范围。例如,机械比较仪的示值范围为±0.1 mm。

### 4) 测量范围

测量范围是指在允许误差内计量器具所能测量的最小和最大被测量值的范围。例如,某一千分尺的测量范围是50~75 mm。

### 5) 灵敏度

灵敏度是指计量器具对被测量变化的反映能力。

对于一般的长度计量器具,灵敏度又称为放大比。对于具有等分刻度的刻度尺或刻度盘的量仪,放大比 $K$ 等于刻度间距 $a$ 与分度值 $i$ 之比,即

$$K = \frac{a}{i} \quad (1-1)$$

### 6) 灵敏限

灵敏限是指引起计量器具示值可察觉变化的被测量的最小变化值,它表示量仪反映被测量微小变化的能力。

### 7) 测量力

测量力是指在测量过程中,计量器具与被测表面之间的接触力。在接触测量时,测量力



资料  
通用计量器具